



# Quality Control

## Laadunvalvonta Teollisuus 4.0 pyörteissä

Teollisuuden toimintakentässä on jo tapahtunut ja tulee tapahtumaan vielä suurempia muutoksia, digitalisaation edetessä. Wärtsilän tuotteet, ratkaisut ja huoltopalvelut ovat voimakkaasti mukana tässä muutoksessa. Digitalisaation kautta haetaan uusia mahdollisuuksia ja tapoja palvella asiakkaita laajemmin ja perusteellisemmin, myös teollisuuspalveluiden lisäksi. Monet energiantuotto- ja siirtoratkaisumme eivät ole enää pelkästään komponentteja ja laitteita. Yhä enenevässä määrin asiakkaamme ostavat kokonaisvaltaisia ratkaisuja, yksittäisten tuotteiden lisäksi. Näiden sisältö voi pitää sisällään ennustettavuutta, pidennettyä luotettavuutta tai eri tietolähteiden tietojen yhdistämistä ennustettavuuden ja luotettavuuden kehittämiseksi.

# trol

## Teollisuus 4.0 ja mekaanisten tuotteiden laatu

Kohtaan työssäni jatkuvasti haasteita, joissa aiemmin hyviksi todetut laadunvalvontamenetelmät vaativat tehostamista tai jopa uudelleen suunnittelua. Rautaa ja terästä on vaikea muuttaa biteiksi tai koodiksi. Mekaanisessa laadunvalvonnassa haasteet keskittyvät enemmänkin yksittäisten tulosten tai valvontaketjujen seurannan tehokkaampaan käyttöön. Uusiutuvat mekaanisten komponenttien suunnitteluperusteet pystyvät hyödyntämään kehittyneempiä laskentamenetelmiä ja materiaalin tarkempaa rasiitettavuutta. Esimerkiksi mäntämootoreissa

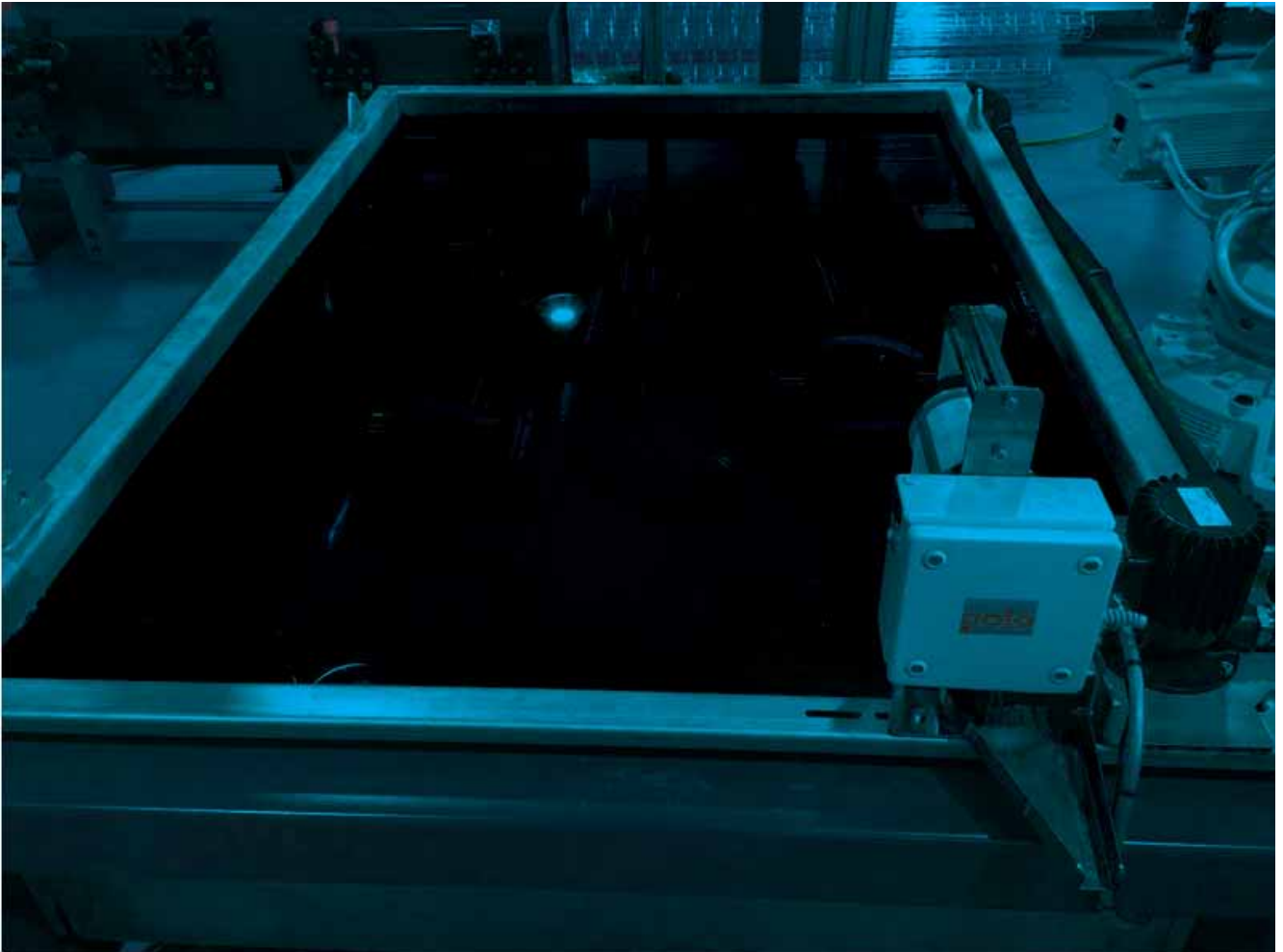
pyörivät massat ovat rasiitusten lähde. Mitä pienemmiksi massat voidaan laskea, sitä tehokkaammin polttoaineen energia voidaan muuntaa sähköenergiaksi. Massojen pienentäminen tarkoittaa sitä, että suunnittelussa huomioidaan yhä tarkemmin materiaalin rasiitusten sietokyky. Tämä taas tarkoittaa, että materiaalin odotetaan olevan tasalaatuisempaa, jotta suuremmat rasiitukset voidaan sallia laitteen tai komponentin eliniän ajan. Kehittyneet tilastolliset laskentamenetelmät puristavat materiaalin valmistuksen toleransseja, siis itse materiaalin, ei tuotteen, yhä kapeammiksi. Näin ollen materiaalin valmistusprosessin vaihtelun on pysyttävä suunnittelun esittämissä rajoissa.

Metallia kehitettäessä on valmistajan kyettävä yhä tarkempaan prosessikontrolliin, tehokkaampiin mittausten menetelmiin ja luotettavampiin mittaustuloksiin. Tiivistyneet toleranssit materiaalin tasalaatuisuuden suhteen sallivat yhä vähemmän ja vähemmän vaihtelua esimerkiksi lujuuden ja puhtauden suhteen. Keinoälyn ja automatisoidun analytiikan avut olisivat merkittävät, eri tuotantoyksiköiden tuotteiden tasalaatuisuuden varmistamisessa ja valvonnassa. Tilastoanalyysit ja automatisoitu analytiikka vaativat molemmat luotettavaa dataa. Ilman luotettavaa dataa voi johtopäätökset ja korjaavat toimenpiteet pahimmassa tapauksessa johtaa ylilyönneihin ja tätä kautta virheellisiin korjauksiin toimiin, jotka eivät ratkaise tuotannon vaihteluhaastetta. Nykyisellään monet tarkastus- ja mittausten menetelmät tarjoavat dataa, jolla voitaisiin ennustettavuutta ja ennakoitua parantaa. Suurimpia haasteita on kuitenkin tiedon saattaminen sellaiseen muotoon, että sen tilastollinen automatisoitu analysointi tuottaisi luotettavia johtopäätöksiä. IIOT (*Industrial Internet Of Things*) implementointi esimerkiksi mittaustaitteiden osalta toisi hyvinkin nopeasti tiedon helpommin käsiteltävään muotoon, joka olisi mahdollista jakaa edelleen asiakkaalle ja analysoida automatisoidusti. Tämä mahdollistaisi tilastollisen valvonnan ja nopean reagoinnin. Asiakkaan kannalta yhtenäistetty tuotantodata tarkoittaisi reaaliaikaisempaa monitorointia ja tulosten validointia.

Teollisuus 4.0 ja IIOT yhdessä luovat ympäristön, jossa valmistaja pystyy seuraamaan tuotantoaan reaaliajassa ja asiakas pystyy validoimaan tuloksia lähes reaaliajassa. Esimerkiksi raudan seostuksen ja epäpuhtauksien suhteen IIOT tekee mahdolliseksi analyysin tulosten vertaamiseen tilastolliseen normaalihajontaan. Kun tämä toimii automatisoidaan, pystytään seuraamaan mittaustulosten luotettavuutta ja ennakoimaan tulevan tuotteen materiaalin laatua. Automatisoitu analytiikka estäisi tehokkaasti virheellisen materiaalin etenemisen tuotannossa, jolloin turha jatkojalostus jäisi minimiin, kun virheellinen materiaali voidaan tunnistaa analytiikan ja tilastollisen normaalihajonnan avulla merkittävästi poikkeavaksi ja poistamaan tuotantoketjusta. Toki tämäkin automatisoitu toimii voi tuottaa virheellisen johtopäätöksen, mutta opetetavan tekoälyn avulla pystyttäisiin virheellisesti vialliseksi tuomittu analyysi opettamaan analytiikkaohjelmalle, jotta sama analytiikkavirhe ei toistuisi.

Hintakilpailun ylläpitäminen perustuotannossa on valitettavasti johtanut usein tilanteeseen, jossa investoinnin ja tuotannon ohjeituksen kehittäminen on hidastunut. Usein toimittajalla saattaa olla edessään tilanne, jossa tuotanto on pakko muokata etsimällä laadullisesti minimitaso. Tämä tuottaa väkisininkin tilanteita, jossa laatu putoaa alle vaaditun minimitason. Nykypäivänä onkin hyvin haasteellista kehittää riittävän tehokkaita ja edullisia mittausta- ja tarkastusmenetelmiä, joilla asiakas pystyisi jatkuvasti valvomaan toimitettujen tuotteiden tasalaatuisuutta, johon toimittajalla ei ole resursseja tai mahdollisuuksia. Tässä yhteydessä on myös huomioitava, että hyvinkin tasalaatuisia tuotteita toimittavalle toimittajalle voi tulla tuotantohäiriöitä, joiden seurauksia voi olla vaikea tunnistaa valmistajan omilla menetelmillä. Nämä kaksi muuttujaa, laadullisen minimin hakeminen ja tilastolliset satunnaiset poikkeamat voivat aiheuttaa loppuasiakkaalle riskienhallinnan kannalta hyväksymättömiä tilanteita.

Tilastolliset poikkeamat ja satunnaiset materiaalin laadun vaihtelut ovat erittäin hankalia identifioida, tunnistaa ja havaita. Teollisuus 4.0 ja IIOT luovat kuitenkin vahvaa



Ensimmäinen testilaitteistoversio. Tarkastuskohteet näkyvät altaan pohjalla.

pohjaa myös näiden tapausten tunnistamiseen sekä optimaaliseen raja-arvoisen laadun varmistamiseen suurella kattavuudella. Op-pivien järjestelmien ja automatisoidun analytiikan avulla pystyttäisiin pääsemään käsiksi indikaatioihin, jotka voivat olla viitteitä raja-arvon alapuolisen laadun ilmenemisestä. Tarkastuksilla, testauksilla ja kontrollilla ei voida nykypäivänä valvoa kaikkia tuotteita ja koko tuotantoa. Mittava valvonta ja kontrolli lisää kustannuksia ja heikentää tuotannon joustavuutta. LEAN-ajattelun kehittyessä edelleen tulee toteutettavien kontrollitoimien olla tehokkaampia ja käytännöllisempiä. Tarkastusten ja valvontojen lisääminen ei tue prosessioptimoinnin tai LEAN-ajattelun päämääriä. Tulevaisuudessa Teollisuus 4.0 -ympäristössä valvontoja tehdään automatisoidusti ja tarkastuksia vain hyvin valikoidusti, mutta kuitenkin niin, että niistä saadaan maksimaalinen tulos tuotelaadun kannalta. Tämän valikoinnin koh-

distamiseksi tuotannon parametrien automatisoitu analytiikka ja tilaajalle toimitettu analyysitulos olisivat merkittävä askel. Automatisoitu analytiikka vaatisi todennäköisesti tuotantolaitosten mittalaitteiden kytkemistä toisiinsa ja mittaustulosten jatkuvaa tallennusta *Big Data* -periaatteella. Tällöin toimittaja voisi itse reagoida nopeasti ja identifioida mahdolliset poikkeamat helposti automatisoidulla analyysillä. Analyysin tulokset voitaisiin toimittaa taasen indikaattorina tilaajalle ja tilaajan valvonta-/monitorointitoimien tarpeellisuuden ja kohdistamisen arvioinnissa.

#### **Wärtsilän toiminnallinen erinomaisuus**

Wärtsilä on havainnut yhdessä tällaisessa tuotantoketjussa tarkastusrajoitteen muodostaman riskin materiaalin laadunvalvonnessa. Tarkastustekniset ja tuotteen geometriset rajoitteet, yhdessä inhimillisten riskitekijöiden kanssa

muodostivat konkreettisen riskin, jonka hallitsemiseksi Wärtsilä päätti toteuttaa merkittäviä parannustoimia. Kyseisen komponentin laadunvalvonnan tehostamiseksi materiaalin tarkastus päätettiin sisällyttää Wärtsilän oman tehtaan tuotantoon. Näin pystyttiin saavuttamaan tarkempi, tehokkaampi ja luotettavampi materiaalikontrolli, ultraäänitarkastuksella. Wärtsilän toiminnan jatkuvan parantamisen kulttuuri, *Operational Excellence*, oli käsin kosketeltavissa, ensimmäisissä sisäisissä kokouksissa. Neuvotteluissa ei käyty keskustelua pitäisikö tai tarvitseeko implementoida. Enemmänkin keskusteltiin siitä, miten implementoinnista saadaan paras mahdollinen hyöty nyt sekä lähitulevaisuudessa. Idean keksijällä tällainen vastaanotto oli hyvin tunteikas kokemus. Omistajien usko, johdon tuki ja kollegoiden vastaanottavuus uutta ideaa kohtaan lämmittää mieltä edelleen. Jatkuvan parantamisen kulttuuri heijastuu Wärtsilässä

läpi koko organisaation. Jatkuva pyrkimys parempaan tuotti myös melkoisen haasteen valittavalle laitetoimittajalle. Tuotannon kehittäminen ei pysähdy yhden idean jälkeen, vaan sen jälkeen tulee kaksi uutta ideaa, joilla tuotantoa pystytään edelleen parantamaan.

Ultraäänitarkastuksen sisällyttäminen Wärtsilän tuotantoyksikön tuotantovirtaan ei ollut helposti toteutettavissa. Pelkkä periaatepäättös materiaalin laadunvalvonnan ottamisesta omiin käsiin oli merkittävä muutos tuotannossa. Kun tarkastusta suunniteltiin implementoitavaksi tuotantoon, se oli tehtävä täysin tuotannon ehdoilla. Tämä tarkoitti sitä, että laitteen koko, muoto, toiminta ja tahti aika oli istutettava tuotannon määrittelyihin ehtoihin. Kuten arvata saattaa nämä tuotannon ehdot olivat todella tiukat. Ainoa vaatimus, joka ei asettanut merkittäviä haasteita oli laitteiston korkeus. Kaikki muut reunaehdot olivat erittäin rajoitteellisia. Projektin suurimmaksi haasteeksi muodostui kuitenkin täysin automatisoidun ratkaisun löytäminen. Täysautomatisointi tarkoitti sitä, että laitteen käytössä ei saisi olla vaihetta, jossa ihmisen läsnäolo olisi tarpeellinen.

## Laitteiston määrittely

Laitteistokokonaisuuden alustava suunnittelu toteutettiin Wärtsilässä sisäisesti. Suunnitteluun osallistui iso joukko eri osaamisalojen asiantuntijoita. Se, että laitteisto tarkastaa itsenäisesti jotain ei riitä enää nykypäivän tehtaassa. Lisäksi tehtaan kehitysosasto halusi jo mukaan integraatiomahdollisuuden uuteen tuotannonhallintajärjestelmään. Eli jo projektin alkumetreillä oli selvää, että pyrimme rakentamaan laitteen, joka jakaa tietoa myös muiden tehtaan järjestelmien ja mahdollisesti muiden laitteiden kesken. Kun ensimmäistä teknistä vaatimusta laadittiin, muodostui aika selkeäksi kuva siitä, että laitteisto on ensimmäinen laatuaan niin ultraäänitarkastuksen alalla kuin myös tehtaan laadunvalvonnan piirissä. Teknisten vaatimusten sisältö rajasi potentiaalisia toimittajia jo hyvin merkittävästi. Lisäksi tehtaan kehitysosaston vaatimuksesta etsittiin oppivaa järjestelmää. Ultraäänitekniset rajoitteet

ja kappaleiden monimuotoisuuden arvioitiin olevan sellainen, että yksi yksittäinen malli ei voisi toimia referenssinä, vaan tarvittaisiin useiden referenssikappaleiden kirjasto. Lopullisessa tarjouspyynnössä oli siis mukana vaatimus liittymästä tehtaan tuotannonohjausjärjestelmään, täysin automatisoitu toiminta tahtiajan puitteissa sekä koulutettava tai oppiva järjestelmä. Jo suunnitteluvaiheessa otettiin huomioon tarkastettavien kohteiden tulevaisuuden mahdolliset tuotevariaatiot. Eli laitteen tuli olla kokoluokan ja painoluokan sisällä tarvittaessa modifioitavissa.

Laitteiston kokoonpanon hahmotelussa valittiin luotausliikkeen toteuttajaksi robotti cartesian-tyyppisen liikuttelulaitteiston sijaan. Robotin liikuttelumahdollisuudet antoivat enemmän mahdollisuuksia luotauksen variointiin ja kehittyvien tuotteiden tarkastusten ennakoitiin. Tuotannon antama tila automaattisolulle periaatteessa antoi kappaleen käsittelyn ainoaksi vaihtoehdoksi robotin, koska tarkastusprosessin muut vaiheet, kuten kappaleen tunnistus, pesu ja merkintä, piti saada mahtumaan samaan tilaan. Wärtsilän oma sisäinen osaaminen ultraäänitarkastuksesta oli suuri etu tarkastuksen toteutuksen ja tuloksen luokittelun vaatimusten suunnittelussa.

## Toimittajan valinnan haasteet

Varsinaisen tarjouspyynnön haastavin osa oli tarkastuksen toteutuksen määrittäminen ja tarkastustuloksen luokittelun vaatimusten määrittely. Kun varsinainen tarjouspyyntö saatiin valmiiksi, oli iso osa tarkastustuloksen luokittelusta jätetty toimittajan suunniteltavaksi ja toteutettavaksi. Tämä automaattisen luokittelun toteuttaminen, vaaditun tahtiajan puitteissa osoittautui todella vaikeasti toteutettavaksi. Muut tarkastussolun toimintojen haasteet saatiin hyvin pitkälle ratkaistua jo tarjouspyynnön laadintavaiheessa. Tosin joidenkin laitteistojen integraatioon liittyvien osien määrittely jätettiin projektin toteutusvaiheeseen.

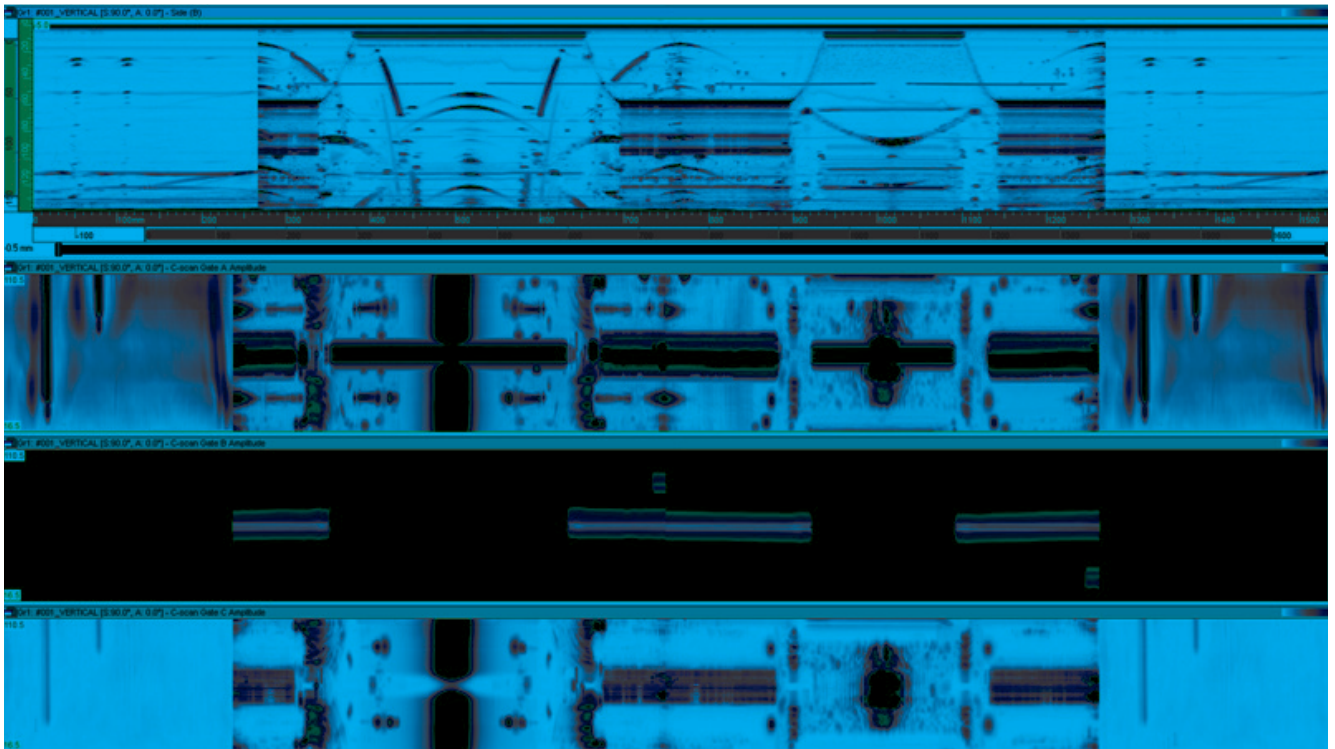
Ensimmäisen tarjouskierroksen jälkeen potentiaalisten toimittajien lista supistui kahteen. Jatkoneuvotteluissa laitteiston toteuttamisen kynnyskysymykseksi muodostui tarkastustuloksen auto-

maattinen luokittelu ja luokittelun toteuttaminen vaaditun tahtiajan puitteissa. Kun automaattiluokittelun teknisistä yksityiskohdista neuvoteltiin näiden kahden toimittajan kesken, niiden toteuttamiseksi ei löydetty luotettavaa ja toteutettavaa vaihtoehtoa. Eli noin vuoden tarjoustyöskentelyn jälkeen olimme takaisin lähtöpis-teessä. Meillä ei ollut kykenevää toimittajaa toimittamaan laitteisto-avaimet käteen -periaatteella.

Tämän tuloksena järjestimme vielä yhden sisäisen suunnittelu-työpajan, jossa näitä luokitteluun liittyviä haasteita koetettiin ratkaista sisäisesti. Työpajassa päädyimme tulokseen, että etsimme laitteistokokoonpanolle integraattorin, joka niputtaa erilliset laitteet toimivaksi kokoonpanoksi. Ultraäänitarkastukseen liittyvä osaaminen päätettiin ottaa omiin käsiin. Kuin johdatuksen kautta tehtaan kehitysosasto löysi paikallisen toimijan, jolla oli referenssejä tarkastussolujen suunnittelusta ja integraatiosta. Ensimmäisessä toimittajan kanssa pidetyssä palaverissa löytyi hyvin samankaltainen visio automaattisolun toteutuksesta. Ainoaksi merkittäväksi avoimeksi asiaksi jäi ultraäänitarkastustekniikan ja automaattiluokittelun toteutus, joista automaattiluokittelun pitäisi siis olla keinoälyä soveltava, koulutettava tai oppiva järjestelmä.

Kun suunnittelupalaveri oli ohitse, jäin juttelemaan yhden toimittajan edustajan kanssa harrastuksista. Oma osaamiseni ja kokemuksen puoliautomasoiduista järjestelmistä ja ultraäänilaitteen tuottaman datan käsittelystä oli tuottanut ajatuksen konenäön soveltamisesta automaattiluokittelussa. Kun keskustelin toimittajan kanssa yhteisestä valokuvausharrastuksesta, tulin kysyneeksi, eikä vielä ole olemassa algoritmeja, jotka voisivat tunnistaa eri värisävyjä kuvasta. Oma tietämykseni valokuvakäsittelystä on valitettavasti edelleen 1980-luvun tasolla, vaikka filmikameroita en enää käytä. Onneksi toimittajan edustajan harrastusvälineet olivat päivittyneet 2000-luvulle. Sain suoran vastauksen, että itse asiassa kuvantunnistuseriaateen soveltaminen olisi hyvin yksinkertaista, luotettavaa ja helposti toteutettavissa. Ilmaan jäi kuitenkin leijumaan oppivan järjestelmän toteutus.





Tarkastuskartta kiertokangen alaosan ultraäänitarkastuksesta.

### **Vanhat ideat, uudet toteutukset teknologioineen**

Laitetoimittaja pystyi tarjoamaan vaihtoehdon, jossa ultraäänitekniinen toteutus ja integraatio muihin järjestelmiin olivat mahdollisissa, kuten robotteihin oli jo alustavasti suunniteltu. Laitetoimittaja pystyi myös tarjoamaan ohjelmistovaihtoehdon, jota maukkaamalla kuvantunnistukseen perustuva luokittelu olisi mahdollista toteuttaa ja automatisoida.

Sitten oli vuorossa vaikein osio eli kuinka luokitella tarkastustulos, tehtaan antaman tahtiajan puitteissa. Jos esimerkiksi tahtiaika vaatimus oli kymmenen minuuttia, luotaimen liikuttelua eli datan kerääminen kesti noin 8 minuuttia. Tämä tarkoitti sitä, että luokittelulle ei jäisi paljoa aikaa. Haaste tuntui pelottavan vaativalta. Jo seuraavassa tapaamisessa laiteintegraattorin kanssa oli mukana osaaja, joka kykenisi toteuttamaan kuvantunnistukseen perustuvan luokitteluvaihtoehdon. Luokittelu automatisoinnin toteuttamiseksi yhdessä robotiikan, ultraäänilaitteiden ja muiden tarkastussolun laitteiden kanssa kuulosti helpolta. Toki haasteitakin tunnistettiin integraatorajapinnoissa, mutta mikään niistä ei muodostunut esteeksi.

Kun ensimmäinen versio auto-

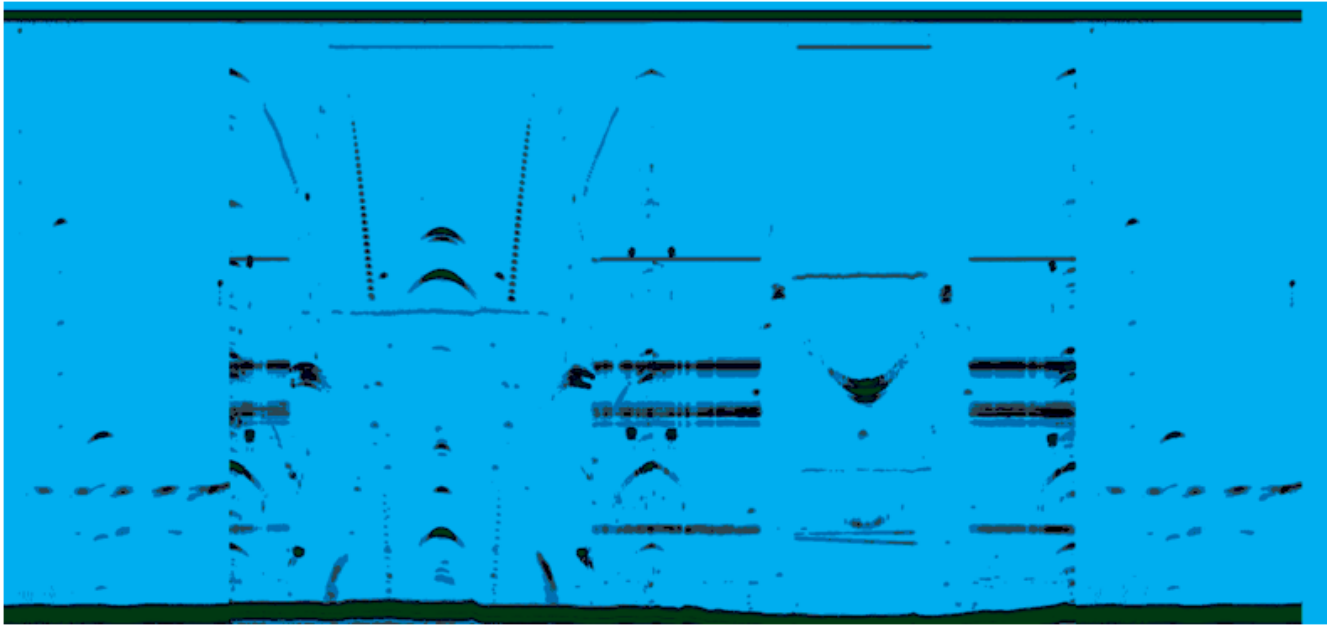
maattiluokittelun prosessoinnista oli valmiina, iski todellisuus. Kuvaa ja tietoa voidaan käsitellä ja manipuloida monella eri tavalla, todella nopeasti. Mutta minun osakseni koitui tehtävä muuntaa fyysisen maailman ilmiöt luokitteluohjelmalle ymmärrettävään muotoon. Itse kuvittelin, että ohjelmointi, integrointi ja prosessointi olisivat vaativia ja aikaa vieviä tehtäviä, mutta nykypäivän teknologiat mahdollistavat hyvinkin moniulotteisen tiedon automatisoidun prosessoinnin, siirron ja käsittelyn. Ensimmäiset suuntaa antavat luokittelusäännöt ohjelmoitiin vain muutamassa päivässä. Seuraavaksi olikin sitten vuorossa vuoropuhelu koodarin kanssa, joka ohjelmoi järjestelmän luokitteluun tiedon oikein. Tässä vaiheessa oli selvillä, että tiedon luokitteluun käytetty aika olisi joiain sekunteja, ei minuutteja. Luokittelun nopeuden mahdollistajana toimi juuri tämä kuvantunnistuksen periaatetta soveltava tekniikka datan analysoinnissa. Konventionaalisella tavalla datan luokittelu olisi kestänyt vähintään kymmeniä minuutteja.

### **Fyysiset ilmiöt dataksi**

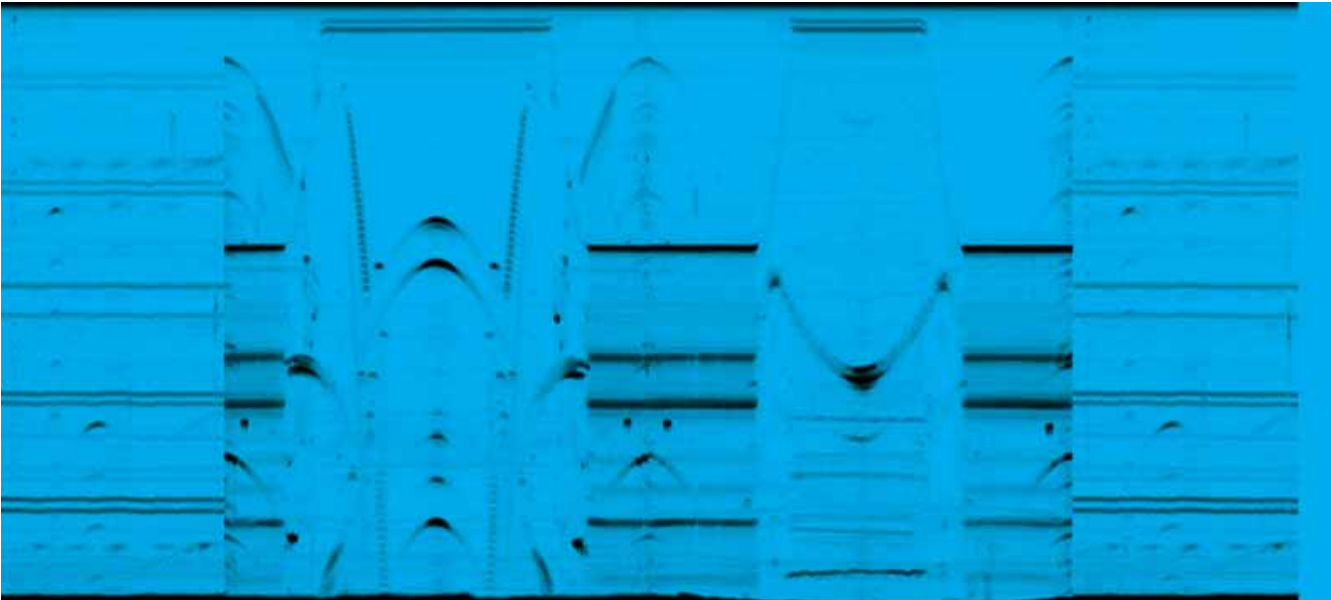
Fyysisten ilmiöiden muuntaminen dataksi ei ollut helppoa. Sillä materiaalin tarkastuksen fyysiset

hyväksymisrajat oli muutettava luokitteluohjelmalle ymmärrettävään muotoon niin, että ohjelmaa voisi kouluttaa ja opettaa. Tässäkin avuksi tuli nykyteknologia. Tarkastimme yhden komponentin, jossa oli keinotekoisia virheitä, jotta saisimme jonkinlaista käsitystä, mitä pitäisi opettaa ja ohjelmoida. Koodari pyöritteli dataa monella eri tavalla, kunnes keksimme tavan miten luokittelu voidaan toteuttaa niin, että fyysiset ilmiöt linkittyvät numeerisesti tarkastettuun dataan. Aivan yksityiskohtaisesti en voi kertoa, miten se tapahtuu, mutta tämäkin innovointi vaati kahden täysin eri alan asiantuntijan saumatonta yhteistyötä ja yhteisymmärrystä. Ensimmäiset testiajot datalla pystyttiin tekemään heti, ensimmäisten sääntöjen tekemisen jälkeen. Näitä datan luokittelusääntöjä on tarkistettu ja hienosäädetty moneen kertaan, sillä kehitimme opetettavan järjestelmän. Lisää tietoa hienosäätöön on tullut myös luokittelun kautta, kun järjestelmä on "kouluttanut" keksijäänsä. Tiedon lisääntyminen on ollut kahden suuntaista.

Koska kyseessä oli ainoa laatuun oleva laite ja vastaavanlaisia luokittelusääntöjä ei ainetta-rikkomattoman koestuksen saralla oltu aiemmin tehty, oli koekäytöjakso hyvin pitkä. Noin vuo-



Kappaleen luokittelussa käytettävä tarkastuskartta.



Opetetun järjestelmän tuottama tulostarkka. Keinovika näkyvissä värillisenä. Kuva ei ole lopullinen, vaan sitä käytetään laitteen opettamiseen

den käyttökokemuksen jälkeen pystyimme kohtuullisesti toteamaan luokittelusääntöjen toimivan, järjestelmän koulutettavuuden toimivan ja ymmärtämään järjestelmän itseoppimisen rajat. Seuraavana on vuorossa oppimisen rajojen luominen itseoppivalle järjestelmälle, eli oppimisen säännöt. Moni ennalta ajateltu oppimissääntö on joutunut ajatusten hautausmaalle pysyvästi. Mutta uusia ideoita ja mahdollisuuksia oppimissäännöille on syntynyt vähintään kaksinkertainen määrä.

Tällä hetkellä ajatushautomossa on tehtaan tuotantolaitteiden lai-

teintegraatioiden mahdollisuudet ja kaksisuuntaisen linkin luominen toimittaja-tehdas -rajapintaan. Myös automatisoitu tilastollinen seuranta ja tilastollisen seurannan reagoitumahdollisuuksien ymmärtäminen. Suurin valaistus on tapahtunut kuitenkin mahdollisuuksien rajattomuuden suhteen. Reaaliaikainen tiedonsiirto eri tehtaiden ja eri laitteiden välillä ja kaksisuuntainen tilastollinen seuranta luovat läjän uusia työkaluja laadunvalvontaan. Ennakointi ja nopea reagointi laatu poikkeamien suhteen tulee nousemaan uudelle tasolle, jonka mahdollisuudet ovat

vielä monelta osalta avoimia. Kenties Teollisuus 5.0 hämöttää jo horisontissa? Merkittävin kehityksen alue Teollisuus 4.0 osalta nojautuu hyvin pitkälti toimittajan kyvykkyyteen ja resursseihin vastata tilaajan toivomiin integraatioihin, datan hallintaan ja eteenpäin toimittamiseen prosessointia varten. ■